湿度環境がバナナ果実の追熟および肉質に及ぼす影響

薛彦斌・久保康隆・稲葉昭次・中村怜之輔

岡山大学農学部 700 岡山市津島

Effects of Humidity on Ripening and Texture in Banana Fruit

Yanbin Xue, Yasutaka Kubo, Akitsugu Inaba and Reinosuke Nakamura

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama 700

Summary

Ripening characteristics and texture changes were investigated in green banana (*Musa* AAA group, Cavendish subgroup cv. Giant Cavendish) fruit held in low (65%) and high (95%) relative humidity at 20 °C. Low RH hastened the yellowing of the peel in terms of the Hunter a^* and b^* values and advanced the onset of the respiratory climacteric rise and ethylene emanation by about 6 and 12 days than high RH, respectively. Loss in flesh firmness, which was rapid in fruit held in low RH, was positively correlated to increased polygalacturonase (PG) activity, increased water-soluble pectin (WSP), and decreased hydrochloric acid-soluble pectin (HP). The appearance of PG activity was 6 and 9 days earlier than ethylene production at high and low RH, respectively, suggesting that induction of cell wall degrading enzyme activity might occur without ethylene emanation. There was no relationship between cellulase activity and softening.

These results suggest that RH in the storage atmosphere affects weight loss of banana fruit and ultimately influences the ripening characteristics of the fruit.

緒 言

湿度や温度、空気組成および振動・衝撃などは、青果物の流通・貯蔵に伴う品質変化に影響を与える重要な環境要因の一つである。なかでも温度と湿度の管理は青果物の鮮度保持の基本であり（河野，1993；Sharp，1986），湿度は温度に次ぐ重要な環境要因である（Shewfelt，1986）と言われている。このように、湿度環境は重要な貯蔵環境要因であるとの指摘もあるにもかかわらず、青果物の生理に及ぼす影響についての基礎研究は不足している。

一方、青果物流通の遠隔化・国際化に伴って、輸送時間が一層延長され、低温や空気組成以外の環境要因、特に湿度条件の適正な設定と管理の重要性が改めて認識されるようになってきた。バナナは国際的な流通が行われている典型的な果実であり、1990年度の世界貿易量は約903万tに達している（山崎，1992）。日

本の輸入量は1991年度に約80万tであり、輸入果実総量約150万tの過半を占めている（山崎，1992；輸入食品事典研究会，1993）。したがって、海外から日本へバナナを輸送する際の技術改善を計るためにも湿度環境に関する研究は実用的意義が大きいと考えられる。このような背景の中で著者らは青果物の品質保持性と湿度環境との関係について研究を行っているが（薛ら，1995a, b），その一環として、湿度環境に対するバナナ果実の生理的反応を調査した。

材料および方法

1. 材 料

緑熟段階のフィリピン産バナナ (*Musa* AAA group, Cavendish subgroup cv. Giant Cavendish) を加工業者より入手し、一夜20℃の恒温室に置いた後、熟度差が比較的少ないと考えられる同一ハンドのフィンガーを実験に供試した。

2. 処 理 区

果実をフィンガー単位で厚さ0.05 mmの有孔ポリ

エチレン袋中の有孔容器に入れ、容器の外周辺に湿潤紙を入れて、袋内湿度の調節を行った。予備テストを行って、湿潤紙量と袋の有孔度の調節によって設定湿度の保持可能な条件を把握した後、実際調査期間中も袋内に Palma 精密湿度計を置いて定時に湿度を調査し、ほぼ2日ごとに湿潤紙を更新しながら所定の範囲に調節した。処理区は高湿区（目標湿度95%）および低湿区（65%）の2区としたが、実際の調査期間中の湿度は高湿区で RH $97.8 \pm 0.3\%$ 、低湿区で RH $64.7 \pm 2.4\%$ であった。処理期間中の温度は 20°C とした。

3. 調査項目

1) 果実の重量減少率

(果実の最初の重量－サンプリング時の重量)÷果実の最初の重量 $\times 100$ として算出した。

2) 呼吸活性とエチレン生成量の測定

果実をプラスチック容器に1時間密封した後、ヘッド・スペース法で常法に従ってガスクロマトグラフィ（検出器 TCD, FID）で測定した。

3) 果肉硬度の測定

果実中央部から果肉切片を採取し、テンシロン圧縮試験器（東洋ボールドウイン製, STM-T-50 P）で果軸に平行方向に果肉貫入抵抗を測定した。プランジャーは直径 5.5 mm の円柱形のものを用い、貫入速度は $50\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ とした。

4) 果皮色の測定

直読式色差計（日本電色工業製 ND-1001 DP）を用い、ハンター表色系 L^* （明度）、 a^* （赤色度）、 b^* （黄色度）値を求めた。

5) ポリガラクトナーゼ (PG) とセルラーゼの抽出および活性測定

Yamaki・Matsuda (1977) の方法に従い、酵素抽出の操作は水温下で行った。果肉 15 g を 0.05 M リン酸緩衝液 (pH 7.3) 15 ml でホモゲナイズし、4層ガーゼでろ過した残さを 2 M NaCl に再溶解して 15 分間攪拌後、 $15,000\times g$ で 15 分間遠心分離した。上澄液を蒸留水に対して透析、凍結乾燥、再透析し、粗酵素液とした。酵素液 1 ml に 1% ペクチン酸 (pH 5.5) 1.5 ml と 1% カルボキシメチルセルロースナトリウム 1.5 ml をそれぞれ基質として加え、 30°C で 3 時間保持した後、反応液の還元力を Somogyi-Nelson 改良法（中村・貝沼, 1989）で測定して、酵素活性を求めた。PG とセルラーゼ活性はそれぞれ放出されたガラクトロン酸およびブドウ糖の $1\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{hr}^{-1}$ を 1 unit とした。

6) ペクチン物質の測定

果肉 10 g を 80% エタノール（終濃度）とともにホモゲナイズし、室温で一日放置後、ろ紙（東洋ろ紙, No 2）でろ過し、100% エタノールで不溶物質を反復洗浄した。このエタノール不溶物質を試料として、茶珍の方法（1981）に従って、蒸留水、4% ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液および 0.05 N 塩酸溶液によって、ペクチン物質を水溶性ペクチン (WSP)、ヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチン (HMP)、および塩酸可溶性ペクチン (HP) に分離した。各抽出液 19 ml に 0.1 N NaOH 1 ml を加え、 25°C で 30 分間保持して脱エステル化した後、無水ガラクトン酸残基を直接定量するカルバゾール硫酸比色法（福井, 1969）でペクチン物質を測定した。

7) セルロースとヘミセルロース含量の測定

森本 (1971) の方法に準拠した。果肉 10 g に酸性デタージェント溶液（臭化セチル・トリメチル・アンモニウム 20 g を 1 liter の 1 N 硫酸に加熱溶解する）50 ml とデカリン 1 ml を加え、還流冷却装置で 1 時間煮沸した後、ガラスろ紙を敷いたグーチャーつばで吸引ろ過しながら熱水とアセトンで不溶物を洗浄して乾燥した。その後、電気炉を用いて 550°C で灰化し、その前後の重量差から Acid Detergent Fiber (ADF) を求め、セルロースとした。また、果肉 10 g に中性デタージェント溶液（140 mM ラウリル硫酸ナトリウム、60 mM エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム、20 mM ホウ酸ナトリウム・10 水塩、40 mM 無水リン酸二ナトリウム、1.3% ジエチレングリコール・モノエチルエーテルを含む。pH 6.97）50 ml、デカリン 1 ml および亜硫酸ナトリウム 0.25 g を加え、以下 ADF の場合と同様に操作して Neutral Detergent Fiber (NDF) を求め、NDF と ADF の差をヘミセルロースとした。

結 果

1. 重量減少率

湿度が低いほど重量減が大きく、重量減が 5% に達する日数は高・低両区でそれぞれ 24 日と 7 日であった。高湿区では処理 30 日後に 8.41% であったが、低湿区では 21 日後の調査終了時で 19.30% に達した（第 1 図－A）。

2. 果皮色の変化

第 2 図に示したように、ハンター L^* 値は処理後 21 日から高湿区ではやや高くなった。低湿区では調査期間中ほとんど変化はなかったが、21 日後には果

Fig. 1. Changes in weight loss (A), flesh firmness (B), respiration (C) and ethylene production (D) of 'Cavendish' banana during storage at different relative humidities (20 °C).

実は過熟状態となり、果皮褐変が始まって L^* 値も低下傾向となった。低湿区のハンター a^* 値は6日頃から高くなり始め、12日以後は急激に高くなって、果皮の緑色が急速に消失した。高湿区では15日まで低いほぼ同じ a^* 値を示し、果皮着色は進まなかったが、その後低湿区より約9日遅れて急速に高くなった。ハンター b^* 値は3日後から処理区間で差がみられ、低湿区では15日まで高湿区より高い値を示して漸増したが、その後は過熟による褐変で低下傾向になった。このような L^* , a^* , b^* 値の変化を総合して黄変の指標としてよく用いられている指数 $L^* \times b^* / |a^*|$ (岩田, 1977; 南出, 1981) で示すと、低湿区では12日以後急速に大きくなり、この値の急激な変化が認められるまでの日数は高湿区より約9日早くなった。肉眼的評価では低湿区でやや暗色化の傾向がみられた。

3. 呼吸活性とエチレン生成量の変化

呼吸活性 (第1図-C) の変化は、9日目までは両区ともほぼ一定の値で推移したが、低湿区では12日から増加し始め、15日でクライマクテリック・ピー

クに達した。高湿区では18日までは緩慢に増加したが、21日に急速に増加し始めて24日にピークに達した。両区のピーク値に達するまでの日数の差は9日であった。エチレン生成量の変化 (第1図-D) をみると、低湿区では9日まではほとんど生成が認められなかったが、12日に検出され始め、その後急増して18日で最大値 $2.87 \text{ nl} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ に達した後急減した。高湿区では21日まではエチレン生成がほとんど認められなかったが、その後急増して24日で低湿区よりやや高い最大値 $3.83 \text{ nl} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ に達した後急減した。エチレン生成から見ると、ピーク値に達するまでの日数は低湿区で高湿区よりも6日早くなった。このように、低湿区で呼吸のクライマクテリック発現やエチレン生成が早くなったが、その後の変化様相はいずれも高・低湿区で差は認められなかった。

4. 果肉硬度の変化

低湿区では処理6日後にすでに果肉軟化が始まっていたが、12日以後急速になり、15日で約24 N、21日で約20 Nになった (第1図-B)。一方、高湿区の果

Fig. 2. Changes in the Hunter L^* (A), a^* (B), b^* (C) and L^*b^*/a^* values (D) of peel in 'Cavendish' banana during storage at different relative humidities (20 °C).

肉軟化は緩慢であり、15日までは大きな変化が見られなかったが、18日以後に急速に軟化が進行した。約 25 N の同一硬度値に達する日数は高・低湿両区でそれぞれ 24 日と 15 日であり、約 9 日間の差が認められた。

5. PG とセルラーゼの変化

PG 活性 (第 3 図-A) は処理開始時には両区とも検出されなかったが、低湿区では 6 日以後急速に増大して 15 日で最大値に達した後減少した。高湿区では 15 日後に検出され、その後緩慢に増加した。高・低湿両区とも PG 活性の検出時期はエチレン生成開始時期よりそれぞれ 9 日と 6 日早かった。セルラーゼ活性 (第 3 図-B) は処理開始時にすでに認められたが、処理期間を通じて両区でほとんど差が認められず、ほぼ一定の値で推移した。

6. ペクチン物質の変化

低湿区の WSP (第 3 図-C) は、処理開始時から 6 日にかけてはほぼ一定の値で推移したが、その後増加して 18 日目で最大値に達した後はやや低下の傾向がみられた。高湿区では 18 日後から増加し始め、24 日以

後はほぼ一定の値で推移した。両区とも WSP の増加傾向と果肉軟化の進行傾向はよく一致していた。HMP (第 3 図-D) は両区とも処理期間中に漸減する傾向がみられ、処理区間の差はあまり大きくはなかったが、高湿区での低下程度が大きいように思われた。HP (第 3 図-E) は両区とも処理期間中を通じて減少の傾向がみられたが、12 日から処理区間で差が顕著となり、低湿区での低下の程度が大きくなった。

7. セルロースとヘミセルロース含量の変化

第 3 図-F および G に示したように、処理期間中にセルロースは両区とも緩慢に減少したが、ヘミセルロースはほぼ一定の値で推移した。処理区間の差はあまり認められなかったが、低湿区でのセルロース含量の低下速度がやや大きいように思われた。

考 察

青果物は一個の独立した生物体であるが、水分供給を絶たれているので流通過程で多かれ少なかれ水分損失が生じる。Wills ら (1982) は青果物は水分を高価で精緻な外殻で包装したようなものであり、収穫後の

Fig. 3. Changes in cell wall polysaccharides and degrading enzyme activities of 'Cavendish' banana during storage at different relative humidities (20 °C). (A) polygalacturonase; (B) cellulase; (C) water-soluble pectin; (D) sodium hexametaphosphate-soluble pectin; (E) hydrochloric acid-soluble pectin; (F) cellulose; (G) hemicellulose.

水分損失を最小限に止めることが、青果物の品質を保持する上で有利であると指摘している。したがって青果物の収穫後の水分生理を解明することは青果物の適切な取り扱い技術を開発するうえで非常に重要な課題である (Grierson・Wardowski, 1978; Wills ら, 1982)。水分損失に影響する最も大きな要因は湿度であり、同じ温度では低湿条件下で水分損失が大きくなるのは当然である。水分損失はその程度と速度の両面

からとらえる必要があり、一般に水分損失が大きい場合にはこれら両要因が共に大きくなる場合が多いと考えられるが、条件次第では分離された要因になることも考えられる。いずれにしても、水分損失は一種のストレスとして青果物に作用してその生理に種々の影響を及ぼすと考えられる。低湿度環境が青果物生理に及ぼす影響は時間的にみて第1応答反応として水分損失、つまりしおれとしてあらわれて、それが原因となって

第2応答反応が続いて起こる可能性が考えられるが、後者についての基礎研究は乏しいのが現状である。

本実験で明らかとなった低湿条件でのバナナ果皮の色の変化は、第2応答反応の一つではないかと思われる。果実の場合、果皮色は成熟度合の外的判定指標の一つであり、消費者が最初に評価する重要な品質要因でもある。本研究で、低湿条件でハンター a^* 値および b^* 値の変化がエチレン生成より先行して起こり、果皮の黄変が促進されることが認められた。Thompson ら (1974) はプランティンの果皮指数からみた追熟は RH 85% 区で RH 100% 区より 10~12 日速かったことを報告しており、Ferris ら (1993) もプランティンの果皮色を指標とした完熟に達する期間は RH 96~100% 区では 34 日間で、RH 55~65% 区では 16 日間であったことを報告している。最近、Burdon ら (1994) はバナナで RH 30~40% 区でクロロフィル分解が促進されることを示しており、15 日目に RH 95% 区に比べて、クロロフィル a , b 含量が約 1/4 に減少していたことを報告している。果皮色の変化には種々の要因が関与していると思われるが、低湿条件は果皮色の変化要因になっていることが推察される。

呼吸活性は青果物の内的な代謝活性の重要な指標であり、エチレンは様々な生理現象に関与している。したがってこれら二者の変化様相は収穫後の貯蔵性や品質に大きく関連すると考えられる。本研究で、低湿区で高湿区に比べてバナナ果実のクライマクテリック発現に達する期間が 6 日間短縮され、エチレン生成開始までの日数が 12 日間短縮されることが認められた。George・Marriott (1983) はプランティンで低湿区では高湿区より呼吸のクライマクテリック発現とエチレン生成開始がともに 20 日速くなったと報告している。さらに Littmann (1972) はバナナの重量減少率と呼吸のクライマクテリック発現に達する期間との間に直線的関係があることを示し、RH 13% 区のクライマクテリック発現に達する期間は RH 95% 区より約 28% 短縮されたと報告している。一方で Wardlaw・Leonard (1940) は 100% RH 下のバナナが 70% RH より早く呼吸の最大値に達したことを報告しており、Haard・Hultin (1969) は RH 80% 区で 90~95% 区より、緑熟バナナの呼吸が抑制され、クライマクテリック・ライズ出現もみられずに追熟が異常になると述べている。しかし、本研究では呼吸クライマクテリックの様相やエチレン生成の様相に高・低湿区間で差はみられず、低湿区でも正常に追熟が進行しているものと

判断された。他のクライマクテリック型果実ではアボカド (Adato・Gazit, 1974; Littmann, 1972) とセイヨウナシ (Littmann, 1972) で低湿区では高湿区より呼吸のクライマクテリック発現に達する期間が約 30% 縮小され、バンレイシ (Broughton・Tan, 1979) では約 50% 縮小されることが報告されている。このように低湿条件とクライマクテリック発現との関係は研究者によって必ずしも一致はしていないが、全体を通じてみると、クライマクテリック型果実では低湿条件でクライマクテリック発現に達する期間が早くなるものと考えられる。

果実の肉質は追熟中の果実品質を示す重要な指標の一つである。今回の調査で、高湿区でのバナナ果実の硬度低下は緩慢であったが、低湿区では急速低下した。硬度値が約 25 N に達する日数は高・低湿両区ではそれぞれ 24 日と 15 日であり、約 9 日間の差がみられた。また、低湿区では呼吸活性やエチレン生成量の増大開始期よりも早い時期から軟化の進行が認められ、その後の軟化も果皮色からみた成熟進行以上に速くなった。このことは、低湿区で水溶性ペクチン含量の増加と不溶性ペクチン含量の低下が大きく、さらに PG 活性の増大が速かったこととも一致した。また、本研究において、高・低湿区のいずれでも、PG 活性の検出はエチレン生成開始よりそれぞれ 6 日および 9 日早く認められたことは興味深いことである。これは、Agravante ら (1991) のバナナでは入手時にすでに PG 活性が検出され、クライマクテリック・ライズよりほぼ 7 日先立つという報告と類似するものである。Miller ら (1987) もキュウリ果実の果肉軟化と PG 活性の増大はエチレン生成によって誘導されるのではなく、収穫当日にすでに PG, Cx-Cellulase のいずれも検出されたと報告している。また Awad・Young (1979) はアボカドでエチレン生成は呼吸活性とセルラーゼ活性の増大より遅れたことを報告している。

PG 活性の増大と果肉の軟化はエチレン生成に先立ってみられた (第 1 図-D と第 3 図-A を比較) ことから、果肉の軟化関連酵素活性はエチレンの関与なしに誘導される可能性もあるのではないかと考えられた。この点について今後、内生微量エチレン濃度を詳細に調査する必要がある。一方、最近一般に植物の乾燥ストレスに対する応答と特定遺伝子発現との関係についての解析が進められている (篠崎・篠崎, 1993; Williams ら, 1994) が、青果物の水分損失に伴うストレスについても同様の類型の応答反応が生じているのか

も知れない。ともに、今後さらに研究を深めてゆく必要があろう。

総合的品質評価は低湿区ではしおれの程度が大きく、果皮色もやや暗黄色になる傾向がみられ、外観上は好ましいとは言えない。また肉質からみても低湿区では軟化が促進される傾向が認められた。しかし、呼吸のクライマクテリック様相やエチレン生成の様相からみて追熟はほぼ正常に進行しているものと思われ、実際内容成分の変化についても調査したが、成熟異常は認められなかった(薛ら, 1995 a)。本研究は低湿条件がバナナ果実の追熟に及ぼす影響について、基本的方向性を考察したものであり、今後さらに食味との関係についても検討する必要がある。

摘 要

湿度環境に対するバナナ果実の生理的反応、特に肉質に及ぼす影響について、'Cavendish' 種バナナを用いて調べた。

1. 水分損失は追熟に伴う生理的变化に対して顕著な影響があり、低湿条件 (RH 64.7±2.4%) で呼吸のクライマクテリック発現に達する期間が高湿条件 (RH 97.8±0.3%) に比べて約 30% 短縮され、エチレン生成を開始して成熟を始めるまでの日数がほぼ 12 日早くなった。

2. 低湿条件で果皮色の黄変が促進され、またハンター表色系 a^* 値, b^* 値の変化がエチレン生成より先行してみられた。

3. 高湿区での果肉硬度の低下は緩慢であったが、低湿区では急速に軟化し、約 25 N の同一硬度値に達する日数は高・低湿両区ではそれぞれ 24 日目と 15 日目であり、約 9 日間の差がみられた。このことは、低湿区で WSP の増加と HP の減少が大きく、関連分解酵素活性の増大も早かったことと一致した。

4. 高・低湿区とも、PG 活性はエチレン生成よりそれぞれ 6 日および 9 日早く検出され、果肉の軟化はエチレンの関与なしに誘導される可能性が示唆された。

5. セルラーゼ活性とバナナ果肉軟化との関連は明らかでなかった。

以上の結果から、バナナ果実に対して湿度環境は水分損失という第一次の反応を通じて、二次的に種々の生理的反応を誘導すること、特に果皮の黄変や軟化を促進する作用のあることが示された。

謝 辞 本研究の一部は、平成 4~6 年度文部省科学研究費補助金総合研究 (A) -04304014 によった。記して感謝の意を表する。

引用文献

- Adato, I. and S. Gazit. 1974. Water-deficit stress, ethylene production, and ripening in avocado fruits. *Plant Physiol.* 53 : 45-46.
- Agravante, J. U., T. Matsui and H. Kitagawa. 1991. Changes in pectinmethylesterase, polygalacturonase and pectic substances of ethanol- and ethylene-treated bananas during ripening. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 38 : 527-532.
- Awad, M. and R. E. Young. 1979. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectin-methylesterase in avocado (*Persea Americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. *Plant Physiol.* 64 : 306-308.
- Broughton, W. J. and G. Tan. 1979. Storage conditions and ripening of the custard apple *Annona squamosa* L. *Scientia Hort.* 10 : 73-82.
- Burdon, J. N., S. Dori, E. Lomaniec, R. Marinansky and E. Pesis. 1994. The post-harvest ripening of water stressed banana fruits. *J. Hort. Sci.* 64 : 799-804.
- 茶珍和雄. 1981. ベクチン. 大阪府立大学農学部園芸学教室編 園芸学実験・実習. p. 160-162. 養賢堂. 東京.
- Ferris, R. S. B., G. K. Hotsonyame, H. Wainwright and A. K. Thompson. 1993. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. *Trop. Agric.* 70 : 45-50.
- 福井作蔵. 1969. 還元糖の定量法. p. 55-59. 学会出版センター. 東京.
- George, J. B. and J. Marriott. 1983. The effect of humidity in plantain ripening. *Scientia Hort.* 21 : 37-43.
- Grierson, W. and W. F. Wardowski. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. *HortScience* 13 : 570-574.
- Haard, N. H. and H. O. Hultin. 1969. Abnormalities in ripening and mitochondrial succinoxidase resulting from storage of preclimacteric banana fruit at low relative humidity. *Phytochemistry* 8 : 2149-2152.
- 岩田 隆. 1977. 青果物の品質の測定. 緒方邦安編. 青果保蔵汎論. p. 288. 建帛社. 東京.
- 河野澄夫. 1993. 環境条件と鮮度保持 (1). 温度・湿度. 農産物の流通 Q&A. 基礎知識編 No 5. 食品流通技術. 22 (7) : 58-59.
- Littmann, M. D. 1972. Effects of water loss on the ripening of climacteric fruits. *Queensl. J. Agric. Anim. Sci.* 29 : 103-113.
- Miller, A. R., J. P. Dalmasso and D. W. Kretzman. 1987. Mechanical stress, storage time, and temperature influence cell wall-degrading enzymes, firmness, and ethylene production by cucumbers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 : 666-671.
- 南出隆久. 1981. 青果物の保蔵に関する実験. 大阪府立大学農学部園芸学教室編 園芸学実験・実習.

- p. 294-295. 養賢堂. 東京.
- 森本 宏. 1971. 動物栄養試験法. p. 349-351. 養賢堂. 東京.
- 中村道徳・貝沼圭二. 1989. 澱粉・関連糖質酵素実験法. p. 12-13. 瓜谷郁三・駒野 徹・志村恵助・中村道徳・船津 勝 編集 生物化学実験法シリーズ. 学会出版センター. 東京.
- Sharp. A. K. 1986. Humidity : measurement and control during the storage and transport of fruits and vegetables. CSIRO Food Res. Q. 46 : 79-85.
- Shewfelt, R. H. 1986. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. Food Technol. 5 : 70-89.
- 篠崎和子・篠崎一雄. 1993. 植物遺伝子の乾燥応答と発現調節. 化学と生物. 31 : 457-463.
- Thompson, A. K., B. O. Been and C. Perkins. 1974. Effects of humidity on ripening of plantain bananas. Experientia 30 : 35-36.
- Wardlaw, C. W. and E. R. Leonard. 1940. Studies in tropical fruits. IX The respiration of banana during ripening at tropical temperatures. Ann. Bot. 4 : 269-315.
- Williams, J., M. P. Bulman and S. J. Neill. 1994. Wilt-induced ABA biosynthesis, gene expression and down-regulation of *rbcS* mRNA levels in *Arabidopsis thaliana*, Physiol. Plant. 91 : 177-182.
- Wills, R. B. H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson and E. G. Hall. 1982. Water loss and humidity, p. 52-59. In : Postharvest : An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. New South Wales Unit. Press, Kensington, Australia.
- 薛 彦斌・久保康隆・中村怜之輔. 1995 a. 湿度環境がバナナ果実の追熟特性に及ぼす影響. 日食科工誌. 投稿中.
- 薛 彦斌・久保康隆・稲葉昭次・中村怜之輔. 1995 b. 湿度環境がキュウリ, ナス及びピーマン果実のエチレン生合成に及ぼす影響. 日食低温誌. 投稿中.
- Yamaki, S. and K. Matsuda. 1977. Changes in the activities of some cell wall-degrading enzymes during development and ripening of Japanese pear fruit (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder). Plant Cell Physiol. 18 : 81-93.
- 山崎金一. 1992. バナナの基本事項と輸入時の安全性. 食品流通技術. 8 : 4-11.
- 輸入食品事典研究会. 1993. 品目別輸入食品事典. p. 289-291. サイエンスフォーラム. 東京.